

ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ КОНСТРУКЦІЙ ПРОТИРАДІАЦІЙНИХ УКРИТТІВ ТА ШЛЯХИ ЇХ МОДЕРНІЗАЦІЇ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто питання оцінки надійності конструкцій протирадіаційних укриттів в умовах сучасних загроз воєнного характеру. Проаналізовано основні фактори, що впливають на технічний стан захисних споруд цивільного захисту, а також визначено основні напрями їх модернізації. Встановлено, що значна частина існуючого фонду протирадіаційних укриттів була збудована за нормативами минулих десятиліть і потребує комплексного обстеження та підсилення. Запропоновано сучасні підходи до підвищення надійності несучих конструкцій, удосконалення інженерних систем та впровадження цифрового моніторингу технічного стану споруд.

Ключові слова: протирадіаційне укриття, цивільний захист, надійність конструкцій, технічний стан, модернізація, захисні споруди.

Abstract

The paper considers the assessment of the reliability of fallout shelter structures under current military threats. The main factors affecting the technical condition of civil protection shelters are analyzed, and the key directions for their modernization are identified. It has been established that a significant portion of the existing stock of fallout shelters was constructed according to design standards of previous decades and therefore requires comprehensive inspection and structural strengthening. Modern approaches aimed at improving the reliability of load-bearing structures, upgrading engineering systems, and implementing digital monitoring of the technical condition of protective facilities are proposed.

Keywords: fallout shelter, civil protection, structural reliability, technical condition, modernization, protective structures.

Вступ

Відповідно до сучасних вимог цивільного захисту, протирадіаційні укриття повинні забезпечувати не лише необхідний рівень захисту від іонізуючого випромінювання, а й бути здатними витримувати вплив супутніх уражаючих факторів, зокрема ударної хвилі, уламків будівельних конструкцій, продуктів горіння та інших небезпечних чинників.

Тривала експлуатація споруд без належного фінансування ремонтно-відновлювальних робіт призвела до накопичення значної кількості дефектів і пошкоджень будівельних конструкцій. Найбільш поширеними проблемами є корозія арматури, руйнування захисного шару бетону, утворення тріщин у несучих елементах, порушення герметичності приміщень, фізичне та моральне старіння інженерного обладнання. У результаті цього знижується рівень надійності захисних споруд та їх здатність виконувати свої функції в умовах надзвичайних навантажень.

Важливою складовою забезпечення безпечної експлуатації протирадіаційних укриттів є своєчасна оцінка технічного стану їх конструктивних елементів. Надійність захисної споруди визначається здатністю її конструкцій зберігати несучу здатність, жорсткість, стійкість та захисні властивості протягом встановленого терміну експлуатації за умови дії зовнішніх навантажень і впливів. Саме тому проведення комплексного обстеження та визначення фактичного технічного стану конструкцій є необхідною передумовою прийняття обґрунтованих рішень щодо ремонту, реконструкції або модернізації захисних споруд.

На сучасному етапі розвитку будівельної науки для оцінки надійності конструкцій широко використовуються методи неруйнівного контролю, інструментального моніторингу та числового моделювання напружено-деформованого стану будівельних систем. Використання сучасних цифрових технологій дозволяє більш точно прогнозувати поведінку конструкцій при дії статичних та динамічних навантажень, визначати залишковий ресурс споруд і обґрунтовувати найбільш ефективні заходи щодо їх підсилення та модернізації.

Основна частина

Повномасштабна військова агресія проти України суттєво актуалізувала питання забезпечення населення надійними захисними спорудами цивільного захисту. Одним із найбільш поширених типів таких споруд є протирадіаційні укриття (ПРУ), призначені для захисту населення від наслідків радіаційного забруднення, впливу небезпечних факторів надзвичайних ситуацій техногенного та воєнного характеру, а також від дії уламків і вторинних уражаючих факторів. У сучасних умовах захисні споруди розглядаються як важливий елемент системи національної безпеки та стійкості держави до зовнішніх загроз [1, 4].

Актуальність проблеми підвищується з огляду на постійні ракетні удари по об'єктах критичної інфраструктури, промисловим підприємствам та житловій забудові. Наявність ефективної мережі захисних споруд є необхідною умовою забезпечення безпеки населення як у воєнний, так і в мирний час у випадку виникнення надзвичайних ситуацій техногенного або природного характеру. Саме тому питання оцінки технічного стану існуючих укриттів та визначення напрямів їх модернізації набувають особливого значення [1].

Більшість існуючих протирадіаційних укриттів України була побудована у другій половині ХХ століття відповідно до нормативних вимог того часу. Тривалий термін експлуатації, недостатнє фінансування утримання, відсутність своєчасних ремонтних робіт та зміна характеру сучасних загроз призвели до суттєвого погіршення їх технічного стану. У багатьох спорудах спостерігаються пошкодження несучих конструкцій, корозія арматури, руйнування захисного шару бетону, порушення гідроізоляції, зниження герметичності приміщень та незадовільний стан інженерних мереж [2, 3].

Проведені в Україні перевірки захисних споруд свідчать про те, що значна частина фонду цивільного захисту потребує капітального ремонту або реконструкції. Найбільш поширеними дефектами є тріщини в несучих стінах і перекриттях, корозія металевих конструкцій, затоплення підземних приміщень через порушення роботи дренажних систем, а також фізичне та моральне старіння інженерного обладнання. Крім того, значна кількість укриттів не відповідає сучасним вимогам щодо забезпечення доступності для маломобільних груп населення.

Оцінка надійності конструкцій протирадіаційних укриттів повинна базуватися на комплексному підході, який включає аналіз несучої здатності, довговічності, тріщиностійкості, герметичності та працездатності інженерних систем життєзабезпечення [5]. Особливе значення має визначення фактичного технічного стану основних несучих конструкцій – фундаментів, стін, колон, перекриттів та покриттів, від яких безпосередньо залежить рівень безпеки споруди в умовах надзвичайних навантажень.

Для проведення оцінки технічного стану застосовуються візуальні, інструментальні та числові методи дослідження. Візуальне обстеження дозволяє виявити зовнішні дефекти та пошкодження конструкцій, зокрема тріщини, відколи, деформації та сліди корозійних процесів. Інструментальні методи передбачають використання неруйнівного контролю для визначення міцності бетону, товщини захисного шару, ступеня корозії арматури та інших характеристик конструктивних елементів. Важливим напрямом є застосування сучасних цифрових технологій та числового моделювання напружено-деформованого стану конструкцій, що дозволяє прогнозувати їх поведінку під дією статичних і динамічних навантажень та визначати залишковий ресурс експлуатації.

Сучасний розвиток комп'ютерних технологій відкриває широкі можливості для застосування числових методів у задачах оцінки надійності захисних споруд. Використання методу скінченних елементів та методу граничних елементів дозволяє виконувати моделювання напружено-деформованого стану конструкцій укриттів з урахуванням реальних характеристик матеріалів, ґрунтових умов та можливих аварійних навантажень [5, 6]. Такі моделі дають можливість визначати найбільш небезпечні ділянки конструкцій, оцінювати коефіцієнти запасу міцності та прогнозувати розвиток пошкоджень протягом експлуатації.

Особливу увагу необхідно приділяти залізобетонним конструкціям перекриттів та стін, які сприймають основні навантаження під час впливу вибухової хвилі. Навіть незначні пошкодження або розвиток корозійних процесів можуть призводити до зниження несучої здатності та втрати захисних властивостей споруди [3]. Тому важливим завданням є своєчасне виявлення дефектів і проведення необхідних ремонтно-відновлювальних заходів.

Основними напрямками модернізації існуючих протирадіаційних укриттів є підсилення несучих конструкцій, відновлення захисного шару бетону, антикорозійний захист арматури, покращення гідроізоляції та герметизації приміщень. Для підсилення конструкцій можуть використовуватися сучасні композитні матеріали на основі вуглецевих або скляних волокон, додаткові залізобетонні оболонки, металеві елементи підсилення та ін'єкційні технології ремонту тріщин [5]. Такі заходи дозволяють значно підвищити міцність та довговічність конструктивних елементів без необхідності повної реконструкції споруди.

Не менш важливим напрямком модернізації є оновлення інженерних систем життєзабезпечення. Багато існуючих укриттів не відповідають сучасним вимогам щодо вентиляції, водопостачання, водовідведення, електропостачання та автономності функціонування [7]. Сучасні захисні споруди повинні забезпечувати нормативні умови перебування людей протягом тривалого часу, включаючи підтримання необхідного повітрообміну, температурного режиму, запасів води та резервного електроживлення.

Світовий досвід демонструє ефективність системного підходу до розвитку захисних споруд цивільного захисту. Так, у Швейцарії забезпеченість населення захисними спорудами перевищує 100%, у Фінляндії та Швеції цей показник становить понад 80%. Сучасні укриття цих країн обладнані автономними системами вентиляції, електропостачання, запасами води та можуть функціонувати в автономному режимі протягом декількох діб [8]. Досвід зазначених держав свідчить про необхідність постійного технічного моніторингу, модернізації та підтримання високого рівня готовності захисних споруд.

Перспективним напрямком розвитку є впровадження цифрових систем моніторингу технічного стану захисних споруд. Використання датчиків деформацій, вологості, температури та інших параметрів дозволяє здійснювати безперервний контроль за станом конструкцій у режимі реального часу. Поєднання таких систем із сучасними геоінформаційними технологіями та BIM-моделями створює можливість формування цифрових паспортів укриттів, що значно підвищує ефективність управління фондом захисних споруд цивільного захисту.

Таким чином, забезпечення надійності конструкцій протирадіаційних укриттів є одним із пріоритетних завдань у сфері цивільного захисту населення. Проведення комплексної оцінки технічного стану, застосування сучасних методів діагностики та числового моделювання, реалізація заходів модернізації несучих конструкцій і інженерних систем сприятимуть підвищенню рівня безпеки населення, збільшенню експлуатаційного ресурсу споруд та приведенню їх у відповідність до сучасних нормативних вимог і викликів воєнного часу.

Висновки

Проведений аналіз показав, що значна частина існуючих протирадіаційних укриттів України експлуатується протягом тривалого часу та характеризується наявністю конструктивних пошкоджень, фізичним зносом будівельних елементів і застарілими інженерними системами, що негативно впливає на рівень їх надійності та захисних властивостей. Можна стверджувати, що оцінка надійності конструкцій протирадіаційних укриттів повинна базуватися на комплексному підході, який передбачає проведення технічного обстеження, інструментального контролю, аналізу напружено-деформованого стану та визначення залишкового ресурсу несучих конструкцій і інженерного обладнання. Використання сучасних методів числового моделювання дозволяє прогнозувати поведінку конструкцій під дією експлуатаційних і аварійних навантажень, своєчасно виявляти потенційно небезпечні ділянки та обґрунтовувати технічні рішення щодо підсилення й реконструкції захисних споруд.

Основними напрямками модернізації протирадіаційних укриттів є підсилення несучих залізобетонних конструкцій, відновлення гідроізоляції та герметичності, удосконалення систем вентиляції, електропостачання, водозабезпечення та забезпечення нормативних умов перебування людей в умовах тривалої автономної експлуатації.

Впровадження цифрових технологій моніторингу технічного стану, BIM-моделювання та сучасних систем управління фондом захисних споруд сприятиме підвищенню ефективності експлуатації, продовженню терміну служби укриттів та забезпеченню їх відповідності сучасним вимогам цивільного захисту в умовах воєнних і техногенних загроз.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.2-5:2023 Захисні споруди цивільного захисту. Київ : Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України, 2023. URL: [ДБН В.2.2-5:2023](#) (дата звернення: 04.06.2026).
2. Про затвердження Методичних рекомендацій щодо проведення технічної інвентаризації захисних споруд цивільної оборони (цивільного захисту): наказ МНС України №390 від 10.06.2009. URL: [Законодавство України](#) (дата звернення: 04.06.2026).
3. Правила обстеження технічного стану захисних споруд цивільного захисту. URL: [Правила обстеження технічного стану захисних споруд](#) (дата звернення: 04.06.2026).
4. Порядок створення, утримання фонду захисних споруд цивільного захисту та ведення його обліку : Постанова Кабінету Міністрів України №1074 від 20.09.2024. URL: [Постанова КМУ №1074](#) (дата звернення: 04.06.2026).
5. But M., et al. Аналіз нормативної бази щодо проєктування об'єктів цивільного захисту в Україні. URL: [Навковий вісник НАУ](#) (дата звернення: 04.06.2026).
6. Avci O., Abdeljaber O., Kiranyaz S. et al. A Review of Vibration-Based Damage Detection in Civil Structures: From Traditional Methods to Machine Learning and Deep Learning Applications. 2020. URL: [arXiv:2004.04373](#) (дата звернення: 04.06.2026).
7. Рекомендації щодо організації укриття в об'єктах фонду захисних споруд цивільного захисту персоналу та дітей (учнів, студентів) закладів освіти. URL: [Рекомендації ДСНС щодо укриттів закладів освіти](#) (дата звернення: 04.06.2026).
8. ДБН В.2.2-5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту»: зміни та актуальні вимоги. URL: [Огляд змін ДБН В.2.2-5:2023](#) (дата звернення: 04.06.2026).

Дубенчак Оксана Олександрівна – студентка групи ЗБ-256 Вінницького національного технічного університету, e-mail: oksanadybenchak@gmail.com

Колесник Андрій Вікторович – асистент кафедри Будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: andrey.engineer@gmail.com., ORCID ID:0009-0000-8001-2527.

Dubenchak Oksana — student in group ЗБ-25b at Vinnytsia National Technical University, e-mail: oksanadybenchak@gmail.com

Kolesnik Andrii - assistant Professor, Department of Construction, Urban Planning and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: andrey.engineer@gmail.com., ORCID ID:0009-0000-8001-2527.